

## · 临床论著 ·

# 红外线透视导航下经皮椎体成形术治疗椎体骨质疏松压缩性骨折 28 例

王黎明 喻 忠 桂鉴超 徐 杰 王钢锐 郑圣霖 姚京东 侯明夫

(南京医科大学附属南京第一医院脊柱外科中心,南京 210006)

【摘要】 目的 探讨红外线透视导航下经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)治疗骨质疏松性压缩性骨折的疗效。 方法 红外线透视导航下 PVP 治疗骨质疏松性压缩性骨折 28 例(41 个椎体),骨折部位为  $T_6 \sim L_4$ ,其中胸椎 16 个椎体,腰椎 25 个椎体。将参考架固定于病椎棘突, C 形臂 X 线机拍正侧位图像,对穿刺针进行记录获得透视图像上的虚拟影像。术后复查 X 线及 CT 检查了解骨折椎体复位情况、椎体的容量变化、骨水泥分布及外漏情况,CT 容量分析法观测手术前后椎体的容积变化,观察手术前后疼痛强度评价的视觉类比分数的变化。 结果 41 个椎体成功注射骨水泥。13 个椎体行 PVP;28 个椎体行经皮后凸成形术(percutaneous kyphoplast, PKP),其中 12 例行球囊扩张成形,16 例行 sky 膨胀式椎体成形。单椎体注射 17 例,2 个椎体注射 9 例,3 个椎体注射 2 例。26 个椎体采用单侧椎弓根注射,15 个椎体采用双侧椎弓根注射。无手术死亡,无神经根及脊髓受压情况,无肺栓塞及心脑血管系统急性反应。PVP 手术时间  $7.7 \sim 20.7$  min/椎体( $14.2 \pm 3.3$ )min/椎体,PKP 手术时间  $11.2 \sim 32.4$  min/椎体( $21.8 \pm 5.4$ )min/椎体。X 线照射剂量为  $5.4 \sim 19.6$  dGy/椎体( $12.5 \pm 3.6$ )dGy/椎体。注射骨水泥  $2.2 \sim 6.8$  ml/椎体( $4.6 \pm 1.2$ )ml/椎体。椎体体积由术前( $21.4 \pm 4.6$ ) $\text{cm}^3$ 增至术后( $25.8 \pm 5.4$ ) $\text{cm}^3$ ( $t=5.623$ ,  $P=0.000$ )。VAS 由术前( $7.6 \pm 1.2$ )分下降为术后  $2.9 \pm 0.7$  分( $t=12.946$ ,  $P=0.000$ )。28 例平均随访 8 个月(3~14 个月),无严重并发症,无椎体塌陷。 结论 红外线透视导航 PVP 可行,可提高手术精确度和安全性。

【关键词】 透视导航; 经皮椎体成形术; 骨质疏松; 压缩性骨折

中图分类号 R683.2

文献标识 A

文章编号 1009-6604(2006)07-0490-04

**Infrared fluoroscopic navigation guiding percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures in 28 cases** Wang Liming, Yu Zhong, Gui Jianchao, et al. Spinal Surgery Center, Nanjing First Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210006, China

【Abstract】 **Objective** To study curative effects of infrared fluoroscopic navigation guided percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. **Methods** A total of 28 cases of osteoporotic vertebral compression fractures (41 vertebrae) underwent infrared fluoroscopic navigation guided percutaneous vertebroplasty. The fracture was located at  $T_6 \sim L_4$  segment, including 16 thoracic vertebrae and 25 lumbar vertebrae. Fluoroscopic images of the spine were obtained, calibrated, and saved after the reference shelf was fixed on the spinous process of fractured vertebrae. The trajectory, a virtual tool corresponding to the tracked tool, was overlaid onto the saved fluoroscopic views in real time. Postoperative X-ray and CT examinations were performed to observe the vertebral body diaphysis as well as the distribution and leakage of bone cement. The vertebral body volume was measured with CT volumetry preoperatively and postoperatively. The visual analogue scale (VAS) scores were compared before and after operation.

**Results** The bone cement was successfully injected in all the 41 vertebrae. Percutaneous vertebroplasty was performed in 13 vertebrae, while percutaneous kyphoplasty was conducted in 28 vertebrae (including balloon expansion in 12 vertebrae and "sky" expansion in 16 vertebrae). Vertebral body injection was performed via unilateral pedicle in 26 vertebrae and via bilateral pedicle in 15 vertebrae. Of the 28 cases, cement injection was carried out in one vertebral body in 17 cases, in two vertebral bodies in 9 cases, and in three bodies in 2 cases. No intraoperative deaths, nerve root or spinal cord injuries, or pulmonary embolism and cardiovascular or cerebrovascular emergencies occurred. The operative time for each vertebra was  $7.7 \sim 20.7$  min ( $14.2 \pm 3.3$  min) in percutaneous vertebroplasty and  $11.2 \sim 32.4$  min ( $21.8 \pm 5.4$  min) in percutaneous kyphoplasty. The X-ray exposure dose for each vertebra was  $5.4 \sim 19.6$  dGy ( $12.5 \pm 3.6$  dGy). The amount of injected cement for each vertebra was  $2.2 \sim 6.8$  ml ( $4.6 \pm 1.2$  ml). The vertebral volume was elevated from preoperative  $21.4 \pm 4.6$   $\text{cm}^3$  to postoperative  $25.8 \pm 5.4$   $\text{cm}^3$  ( $t=5.623$ ,  $P=0.000$ ). The VAS scores decreased from preoperative  $7.6 \pm 1.2$  to postoperative  $2.9 \pm 0.7$  ( $t=12.946$ ,  $P=0.000$ ). No serious complications or vertebral collapses were found during follow-up examinations for 3~14 months (mean, 8 months) in the 28 cases. **Conclusions**

Use of infrared fluoroscopic navigation for guiding percutaneous vertebroplasty is feasible.

【Key Words】 Fluoroscopic navigation ; Percutaneous vertebroplasty ; Osteoporotic ; Vertebral compression fracture

目前,经皮椎体成形术治疗椎体骨质疏松性压缩骨折已在临床推广应用,其面临的主要问题是手术的精确性、安全性及减少辐射的损害。近年来,计算机辅助骨科手术( computer-assisted orthopaedics surgery, CAOS )的研究突飞猛进,骨科微创手术进一步向直观、可视化发展,使经验化的手术量化。2004 年 2 月 ~ 2005 年 6 月我院在 Vectrision Compact 红外线透视导航下行经皮椎体成形术 28 例,现报道如下。

## 1 临床资料与方法

### 1.1 一般资料

本组 28 例 41 个椎体骨质疏松性压缩骨折,男 12 例,女 16 例。年龄 46 ~ 81 岁,平均 67 岁。术前所有患者行 X 线及 CT 检查,14 例行 MRI 检查。骨折部位为 T<sub>6</sub> ~ L<sub>4</sub>,其中胸椎 16 个椎体,腰椎 25 个椎体。压缩程度 20% ~ 90%,7 例压缩 > 75%。单椎体压缩性骨折 15 例,2 个椎体压缩性骨折 11 例,3 个椎体压缩性骨折 2 例。无明显外伤或仅有轻微外伤史。病程 < 3 个月 22 例, > 3 个月 6 例,最长 6 年。主要表现为腰背部疼痛、胀痛,坐立、行走时疼痛加重,甚至被迫卧床。28 例均服用非甾体抗炎药或止痛药无效,相应椎体棘突,有明显压痛、叩痛。术前椎体体积 12.4 ~ 30.4 cm<sup>3</sup> ( 21.4 ± 4.6 )cm<sup>3</sup>。术前疼痛强度评价的视觉类比评分<sup>[1]</sup>( VAS, 0 为无疼痛,10 分为最剧烈的疼痛 ) 5.5 ~ 9.7 分 ( 7.6 ± 1.2 )分。

病例选择标准:排除其他疾病并确诊为骨质疏松所致的压缩性骨折,CT 示椎管无塌陷、狭窄,周围骨壁完整。

### 1.2 方法

1.2.1 设备和器械 ①德国 Brain LAB AG 公司 Vectrision Compact 外科手术导航系统,由主机、双目红外线摄像机、支撑臂、功能软件、定位框架、适配器、标记物和附件组成(图 1);②意大利 Gallini Biomid 公司穿刺针经皮椎体成形术( percutaneous vertebroplasty, PVP )使用;③美国 Kyphon 公司提供的微创器械及特制球囊;④以色列 Disc-O-Tech 公司新型后凸成形系统——sky 膨胀式椎体成形系统( sky bone expander system )。⑤美国 GE 公司 flexiveiw8800C 臂机。

### 1.2.2 手术方法

1.2.2.1 图像配准和器械记录 在 C 形臂 X 线机影像增强器上安装好定位环(图 2)。患者取俯卧位,常规消毒铺巾。局麻下,于病椎或相邻椎体棘突做 1 cm 切口,在定位架固定于棘突(图 3),将所有反射球置于双目红外线摄像机的接收范围,摄取病椎正侧位(也可摄斜位和其他位置)透视像进行图像记录。在直径 3 mm 椎弓根穿刺针柄上安装好定位架,将穿刺针插入注册器的相应孔,对向红外线摄像机并旋转,主机对穿刺针进行自动记录(其它器械的注册方法同上)(图 4)。为确定记录的精度,术中可随时通过观察导航棒位置与其透视图像判断两者的匹配精确性。

1.2.2.2 导航下行椎体成形术 穿刺点皮肤做 2 mm 小切口,根据主机屏幕上正侧位像所显示的穿刺针的模拟位置及椎弓根的影像解剖标志行椎弓根穿刺(图 5、6)。行 PVP 者针尖达椎体前中 1/3 处,注射造影剂确定无大的缺损性外漏及异常静脉交通,注射骨水泥。行经皮后凸成形术( percutaneous kyphoplast, PKP )者穿刺针超过椎体后缘约 2 mm。取出针芯,经针管插入克氏针作为导针,然后取出针管。克氏针远端约位于椎体前 2/3 处,将扩张器套入手术套管内,后经克氏针扩张组织,直达椎弓根或椎体,取出扩张器并前推手术套管,使手术套管紧贴椎弓根或椎体。将钻头接经克氏针和手术套管以手动钟摆式预钻成形器的置入通道。钻头与椎体前壁的距离至少为 3 mm。球囊扩张成形者插入球囊,通过高压泵注入造影剂,确认纠正后凸畸形和病椎高度恢复满意后计量压力和容量,抽出造影剂,拔除球囊,通过套管推入等量骨水泥。行 sky 膨胀式椎体成形者,将成形器经过手术套管插入椎体通道内,确定安装手柄处于正确的方向和成形器处于恰当的位置后,顺时针旋转安装手柄的操作把手逐段膨胀成形器。当成形器膨胀完成后,逆时针方向旋转操作把手,成形器即可回缩至原始管状结构和直径,最后注入骨水泥。X 线下检查,确定手术成功后取出手术套管,局部压迫 5 min,缝合伤口,无菌敷料覆盖。同样的方法在椎体对侧注入骨水泥。整个术中无须再透视就可实时动态跟踪手术器械位置,但注射骨水泥时须在持续侧位透视监视下,当骨水泥影扩散接近椎体后壁或刚出现向椎体外渗漏时立即停止注射。若术后透视骨水泥未过椎体中线,再行对侧穿刺,以防椎体受力不均。

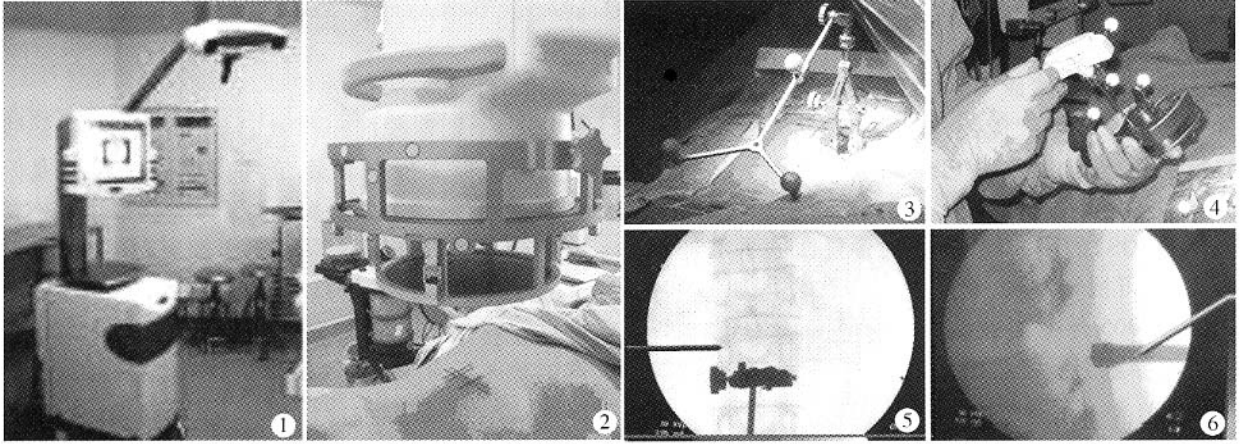


图1 Vectvision Compact 红外线透视导航仪 图2 C形臂 X 线机影像增强器上安装好定位环 图3 在棘突上安装定位架 图4 进行穿刺针注册 图5 导航器同时显示正位像上穿刺针的虚拟位置 图6 导航器同时显示侧位像上穿刺针的虚拟位置

1.2.3 术后处理 术后密切观察患者双下肢感觉活动情况,监测生命体征,平卧 4 h 后自由翻身,应用抗生素 1 周。

1.3 评估方法

术后复查 X 线及 CT 检查了解骨折椎体复位情况、骨水泥分布及外漏情况。用 CT 容量分析法观测手术前后椎体的容积变化。观察手术前后视觉类比评分 (VAS) 的变化。

2 结果

41 个椎体注射骨水泥。13 个椎体行 PVP,28 个椎体行 PKP,其中 12 例行球囊扩张成形,16 例行 sky 膨胀式椎体成形。单椎体注射 17 例,2 椎体注射 9 例,2 椎体注射 2 例,26 个椎体采用单侧椎弓根注射,15 个椎体采用双侧椎弓根注射。无手术中死亡,无神经根及脊髓受损情况,无肺栓塞及心脑血管系统急性反应。PVP 手术时间 7.7 ~ 20.7 min/椎体,

(14.2 ± 3.3)min/椎体;PKP 手术时间 11.2 ~ 32.4 min/椎体 (21.8 ± 5.4) min/椎体。X 线照射剂量为 5.4 ~ 19.6 dGy/椎体 (12.5 ± 3.6)dGy/椎体。注射骨水泥 2.2 ~ 6.8 ml/椎体 (4.6 ± 1.2)ml/椎体。X 线片及 CT 见骨水泥呈斑片状、团块状或弥散状分布于病椎,3 个椎体见骨水泥外溢,分别为椎管内硬膜外 1 个椎体、椎旁静脉 2 个椎体,椎弓根、椎管结构完整(图 7 ~ 10)。椎体体积由术前 12.4 ~ 30.4 cm<sup>3</sup> (21.4 ± 4.6) cm<sup>3</sup> 增至术后 15.2 ~ 35.8 cm<sup>3</sup> (25.8 ± 5.4)cm<sup>3</sup> (t = 5.623, P = 0.000)。VAS 由术前 5.5 ~ 9.7 分 (7.6 ± 1.2)分下降为术后 48 h 1.5 ~ 4.3 分 (2.9 ± 0.7)分(t = 12.946, P = 0.000)。25 例术后 2 个月腰背部疼痛消失,23 例术后 2 d 能佩戴腰围下床活动。20 例术后 3 d 出院,5 例 7 d 出院,3 例 14 d 出院。28 例随访 3 ~ 14 个月,平均 8 个月,无严重并发症,无椎体塌陷。

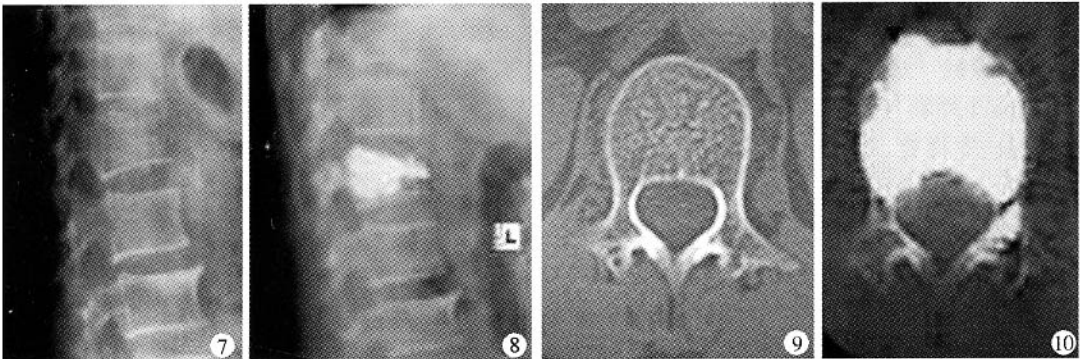


图7 L<sub>1</sub> 压缩性骨折术前 X 线片 图8 L<sub>1</sub> 压缩性骨折术后 X 线片 图9 L<sub>1</sub> 压缩性骨折术前 CT 片 图10 L<sub>1</sub> 压缩性骨折术后 CT 片

3 讨论

骨质疏松性椎体压缩骨折是老年人群的常见

病,其治疗方法包括保守治疗、开放手术和近年开展的 PVP 和 PKP。传统治疗方法(卧硬板床休息、对症治疗等)止痛效果差且显效缓慢,容易出现卧床

并发症,长期卧床又导致骨质疏松进一步加重,增大再次骨折危险性,形成恶性循环。开放式手术治疗创伤大,后路椎弓根内固定术不能增加椎体强度、恢复其稳定性,常导致治疗失败。后两者是新发展起来的脊柱微创手术,创伤小,能有效缓解疼痛,后凸成形术还能恢复病椎高度,纠正后凸畸形,并在病椎中产生一个空腔,可在低压条件下注入黏稠度较高的骨水泥,降低骨水泥的渗漏,提高临床疗效。

PVP 的关键技术是准确向椎体内注入骨水泥,多须经椎弓根穿刺,类同椎弓根螺钉技术,因为椎弓根的特殊解剖特征,即使操作有细微的不准确,都可能偏离预定的方向,造成难以弥补的医源性损伤。外科医生在术中判断穿刺位置一靠手感,二靠 C 形臂 X 线机。由于 C 形臂 X 线机透视只能获取单平面视图,定位至少需要两个投射面的图像来保证穿刺准确性,这就要求 C 形臂 X 线机反复换位,多次进行 X 线照射,手术过程经常中断,影响其作用的发挥,降低手术的精度,这种对术者和病人存在高辐射危险的定位方法已不能满足脊柱手术今后向精确、微创化发展的需要。

德国 Brain LAB AG 公司 Vectvision Compact 外科手术导航系统空间定位距离精度为  $\pm 0.35$  mm RMS,角度精度为  $\pm 2^\circ$ ,完全能胜任任何节段椎弓根技术的要求<sup>[2]</sup>。本组手术前后 VAS 明显下降( $P < 0.05$ ),椎体体积明显回升( $P < 0.05$ ),无手术中死亡,无神经根及脊髓受损情况,无肺栓塞及心脑血管系统急性反应。术后 CT 复查示椎弓根、椎管结构完整,充分体现导航系统的安全性和可靠性。

在导航下还可扩大手术适应证,既往认为胸椎压缩  $> 50\%$ 、腰椎压缩  $> 75\%$  是手术禁忌证,原因是过度压缩使穿刺困难<sup>[3]</sup>。实际上严重压缩性骨折经过一定时间平卧后都有明显复位,而且导航下可同时多方位、动态观察导针的位置和方向,大大提高手术的精度和安全性,使之具有可操作性。既往认为椎管后壁不完整也是手术的禁忌证,实际上在脊髓前方还有硬膜囊、厚实的后纵韧带及其脂肪间隔,可以阻挡骨水泥的侵害,只是普通 X 线透视无法显示,在高分辨 CT 和 MRI 导航系统引导下,只要硬膜囊和后纵韧带结构完整,以其为警戒线精确注射骨水泥也是安全可行的。

对于导航系统,减小导航系统的误差,提高操作的精度是关键,操作技巧上必须注意以下几点。①术前对患者进行呼吸训练,穿刺过程中尽量屏气,对颈部手术还要训练吞咽动作,减少椎体间的移动造成的误差,尤其是对于严重椎体骨折或滑脱的患者。

万方数据

②棘突上的红外线参考架要安装牢靠,尽量靠近椎体,术中避免碰撞移动,一旦棘突上的参考架发生松动、位移,整个系统要再重新注册进入导航状态,若参考工具上的参考架发生松动、位移,只须对参考工具重新注册即可。③调整好发射器与接受器之间的距离,使接受器同时能接受到参考环和参考架上的反射信号,使参考环带固定旋钮的一侧背向接受器以增加红外线反射球的数目(至少需要 5 个信号良好的反射球)。④透视记录时勿使参考架挡住参考环底板的 7 个标记点,以免影响图像注册。⑤必须对病变部位及操作器械进行正确的注册,以保持匹配的精确性。⑥手术操作忌粗暴、宜轻巧。⑦必要时通过观察导航棒位置与其透视图像随时观察的图像匹配精确性。⑧保持红外线反射球的干净,勿被血迹等沾污,定期更换反射球(一般在使用 10 次以后,反射膜会被耗损),保持良好的信号通道。

影像导航系统作为一个新鲜的事物也必然存在不足之处:①系统购价昂贵;②操作复杂,具有很高的专业性,学习曲线需要较长时间;③必须确保操作的每个环节正确无误,任何不正确的操作反而导致手术时间的延长,更可怕的是不正确的导航信息会加大手术的风险,甚至导致手术失败;④影像漂移即手术进行中的组织结构的移位所导致的导航系统影像与真实位置的误差,这是导航系统最大的弊病,在国外其发生率高达  $66\%$ <sup>[3]</sup>。术中 MRI 导航系统的应用将彻底解决这一问题<sup>[4]</sup>。因此,使用手术导航系统的外科医生必须深入理解导航系统的基本原理,熟悉所用导航系统的特点和不足之处,最大限度的降低对导航信息的误解,同时必须具有丰富的临床经验,必要时采用传统的手术方法来灵活应对,才能发挥其应有的价值。

## 参考文献

- 1 Huskisson EC. Measurement of pain. Lancet, 1974, 2(7889): 1127-1131.
- 2 喻忠,王黎明. 骨科手术导航系统的研究现状. 国外医学·骨科学分册, 2005, 26(3): 140-144.
- 3 Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. Spine, 2000, 25(8): 923-928.
- 4 Arand M, Hartwig E, Kinz L, et al. Spinal navigation in cervical fractures - a preliminary clinical study on Judet - osteosynthesis of the axis. Comput Aided Surg, 2001, 6(3): 170-175.
- 5 Woodard EJ, Leon SP, Moriarty TM, et al. Initial experience with intraoperative magnetic resonance imaging in spine surgery. Spine, 2001, 26(4): 410-417.

(收稿日期 2005-09-12)

(修回日期 2006-04-04)